

紫薯苦荞复合醋饮料的研制及其风味物质分析

Development and flavor substances analysis of purple sweet potato and bitter buckwheat combined vinegar beverage

刘明宇¹ 陈李敏¹ 王思丹¹ 邓维琴¹ 刘书亮^{1,2}

LIU Ming-yu¹ CHEN Li-min¹ WANG Si-dan¹ DENG Wei-qin¹ LIU Shu-liang^{1,2}

(1. 四川农业大学食品学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学食品加工与安全研究所, 四川 雅安 625014)

(1. College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China;

2. Institute of Food Processing and Safety, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

摘要:以紫薯和苦荞为主要原料,研制一种紫薯苦荞复合醋饮料,并分析其风味组成。将紫薯和苦荞分别粉碎、调浆、糖化、酒精发酵、醋酸发酵制得紫薯醋和苦荞醋,通过单因素和正交试验确定紫薯苦荞复合醋饮料的最优配方:紫薯醋原液 4 mL、苦荞醋原液 4 mL、蔗糖 4 g、果葡糖浆 4 g,加水定容至 100 mL;该条件下制备的醋饮料具有紫薯和苦荞特有醋香味、色泽红亮、酸甜可口。HPLC 和 GC-MS 分析结果表明,紫薯苦荞复合醋饮料共检出乙酸、柠檬酸、琥珀酸、乳酸等 7 种有机酸,苯乙醇、苯甲醛、乙酸苯乙酯等 14 种挥发性成分。

关键词:紫薯;苦荞;醋饮料;风味物质

Abstract: A vinegar beverage combined with purple sweet potato and bitter buckwheat was developed, and the flavor compounds in it were analyzed. Purple sweet potato and buckwheat were processed through smashing, size mixing, saccharification, alcoholic fermentation and acetic fermentation to produce brew purple sweet potato and buckwheat vinegar, respectively. The optimum formula of the vinegar beverage was obtained through single factor and orthogonal experiments. The 100 mL optimum complex contained 4 mL purple potato vinegar stock solution, 4 mL buckwheat vinegar stock solution, 4 g saccharose, and 4 g fructose-glucose syrup. The vinegar beverage prepared under this condition had a unique purple potato and buckwheat vinegar flavor which was red bright, sweet and sour. Seven organic acid including acetic acid, citric acid, acetic acid, lactic acid, etc. and 14 kinds of flavor substances such as benzene alcohol, benzene formaldehyde, acetic acid benzyl ester, etc. were detected, by using High Performance Liquid Chromatography and Gas Chroma-

tography-Mass Spectrometer in this vinegar beverage.

Keywords: purple sweet potato; bitter buckwheat; vinegar beverage; flavor substances

紫薯(*L.pomoes batats* L.)不仅具有普通甘薯的营养成分,还富含天然花青素^[1]、活性微量元素硒^[2]等,具有清除自由基、通便、防癌、抗癌、抗衰老、抗突变、改善肝功能、降血压、防动脉硬化的保健功能^[3-4]。紫薯可鲜食,也可加工成休闲食品^[5]、紫薯酸奶^[6]、紫薯牛奶^[7]等食品。苦荞(*Fagopyrum tataricum* L.)营养丰富,含有多种生物活性物质如黄酮、糖醇、D-手性肌醇、花青素等^[8],具有抗氧化、抗衰老、抗疲劳、清除自由基、抑制肿瘤,降低血糖、血脂和胆固醇,保护心血管的作用^[9-10]。苦荞除被用作传统食品外,还被加工成各种功能性食品,如黑苦荞醋软胶囊^[11]、苦荞保健面包^[12]、苦荞营养保健粉^[13]、苦荞酒、苦荞醋、苦荞酸奶等^[14]。

醋饮料不仅在口感、营养、风味方面优于传统食醋,还具有一定的保健功能^[15-16]。近年研发的醋饮料有苹果醋饮料^[17]、姜醋饮料^[18]、杨梅果醋饮料^[19]、无花果果醋饮料^[20]、蜂蜜醋饮料^[21]、菠萝皮渣醋酸发酵饮料^[22]等。目前虽有关于紫薯醋^[23]和苦荞醋^[24]研制及功能性的相关报道^[25-26],但尚未见紫薯苦荞复合醋饮料及其风味物质分析的报道。本试验拟以紫薯和苦荞为原料,开发一种紫薯苦荞复合醋饮料,旨在为其工业生产提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料及主要仪器

1.1.1 原料

苦荞、紫薯、蔗糖、果葡糖浆:市售;

α -淀粉酶:酶活 $\geq 3\ 700\ \text{U/g}$,北京奥博星生物科技有限公司;

β -淀粉酶:酶活 $\geq 10^5\ \text{U/g}$,北京奥博星生物科技有限

基金项目:四川省农业科技成果转化资金项目(编号:14NZ0012);四川农业大学大学生科研兴趣计划项目(编号:04051687)

作者简介:刘明宇,男,四川农业大学在读本科生。

通信作者:刘书亮(1968—),男,四川农业大学教授,博士。

E-mail:lsliang999@163.com

收稿日期:2016-09-20

公司。

1.1.2 菌种

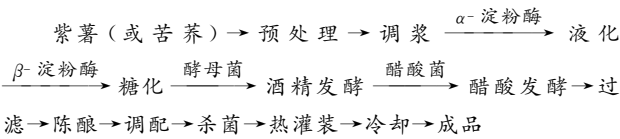
啤酒酵母 Y1、巴氏醋杆菌 C9-4;四川农业大学食品学院食品微生物室。

1.1.3 主要仪器设备

液相色谱仪:LC-10A2010C HT 型,配可变波长紫外检测器(UV),LC-solution1.1 色谱工作站,日本岛津公司;
GC—MS:Agilent-7890A-5975C 型,美国 Agilent 公司;
超纯水系统:Milli-Q Biocel 型,美国 Millipore 公司;
立式自动压力蒸气灭菌锅:GI54DWS 型,厦门致微仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程



1.2.2 操作要点

(1) 原料的预处理:紫薯洗净、去皮、切块、烘干后用粉碎机粉碎;苦荞用粉碎机粉碎。

(2) 调浆:用酸水解法先分别测定紫薯和苦荞的淀粉含量,以总淀粉含量为 13%的比例加水进行调浆。

(3) 液化、糖化:将调浆样品置于 30 ℃ 恒温水浴中,加入占主料 0.2%的 CaCl₂,升温至 50 ℃ 时加入占主料质量 0.25%的 α -淀粉酶,搅拌均匀,50 ℃ 恒温水浴 2.5 h;升温至 90 ℃ 保持 15 min,再升温至 100 ℃ 煮沸 10 min 使淀粉充分液化,以碘液测试为浅黄色作为液化终点;冷却至 60~65 ℃,按初始淀粉质量加入糖化酶制剂(每 1 g 淀粉加入 100 μ g 糖化酶制剂),恒温糖化 1.5 h。

(4) 过滤:用 4 层无菌纱布对糖化液进行过滤,滤液用于酒精发酵。

(5) 酒精发酵:将过滤后的糖化液转移至酒精发酵瓶中,按每 100 mL 接种 10 mL 酵母菌种子液,进行酒精发酵,于 25 ℃ 恒温发酵,每天取样测定发酵液的酒精度,酒精含量不再增加时,停止酒精发酵。

(6) 醋酸发酵:将酒精发酵完全的酒醪液进行过滤并转入发酵瓶中,装液量为发酵瓶容积的 70%。按每 100 mL 醪液接种 10 mL 醋酸菌种子液,用 4 层无菌纱布封口,35 ℃、120 r/min 振荡培养。每天测定发酵液的总酸含量,以总酸含量不再增加时为发酵终点。

(7) 陈酿:将醋酸发酵结束后的发酵液进行煎醋、静置、过滤,得到澄清醋液,在醋液中添加 2%的食盐,转入陈酿罐中陈酿 30 d。

(8) 调配:以上述制得的紫薯醋和苦荞醋为醋原液,加入一定比例的蔗糖、果葡糖浆和水进行调配,混匀,4 层纱布过滤,90 ℃ 热杀菌 10 min,趁热灌装入无菌玻璃瓶封盖,冷却后得成品。

1.2.3 紫薯苦荞复合醋饮料配方的优化 选择紫薯醋原液添加量、苦荞醋原液添加量、糖浆(预试验确定蔗糖与果葡糖

浆为 1:1)添加量作为醋饮料的主要因素,通过单因素试验选取正交试验的因素和水平。

(1) 紫薯醋原液添加量对醋饮料的影响:苦荞醋原液添加量为 5 mL/100 mL,蔗糖—糖浆含量为 10 g/100 mL,紫薯醋原液添加量分别为 2,3,4,5,6 mL/100 mL,进行感官评价确定紫薯醋原液添加量。

(2) 苦荞醋原液添加量对醋饮料的影响:紫薯醋原液添加量为 5 mL/100 mL,蔗糖—糖浆含量为 10 g/100 mL,苦荞醋原液添加量分别为 2,3,4,5,6 mL/100 mL,进行感官评价确定苦荞醋原液添加量。

(3) 糖浆添加量对醋饮料的影响:紫薯醋原液添加量为 5 mL/100 mL,苦荞醋原液添加量为 5 mL/100 mL,糖浆添加量分别为 6,8,10,12,14 g/100 mL,进行感官评价确定糖浆添加量。

(4) 正交试验:在单因素试验的基础上,确定单因素最佳水平范围,设计正交试验方案。

1.2.4 发酵过程指标分析

(1) 淀粉含量的测定:按 GB/T 5009.9—2008 的酸水解法执行。

(2) 总糖的测定:采用折光计法^[27]。

(3) 酒精度的测定:采用酒精蒸馏法^[27]。

(4) 总酸含量的测定:按 GB/T 12456—2008 的酸碱滴定法执行。

1.2.5 产品感官评价 由 10 人组成感官评价小组,对醋饮料产品口感、香气、形态、色泽进行综合评分。根据食醋及醋饮料相关标准^[17-18]制定紫薯苦荞醋饮料感官评价标准,见表 1。

1.2.6 主要风味物质分析

(1) 有机酸测定:采用高效液相色谱(HPLC)法^{[28]22}。以草酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、琥珀酸、乳酸和乙酸为标准有机酸,色谱柱为 Sapphire-C₁₈ 柱(150 mm×4.60 mm,5.0 μ m);流动相为 5%乙腈—95% 0.05 mol/L KH₂PO₄ 溶液,用磷酸调节 pH 至 2.5,流速 0.6 mL/min;紫外检测器,检

表 1 紫薯苦荞复合醋饮料感官评价标准(满分 100 分)
Table 1 Sensory evaluation criteria of the sweet potato and bitter buckwheat combined vinegar beverage

口感	香气	形态	色泽
口感好,酸度适宜,无异味(40~30)	香味柔和,刺激味少,具有紫薯和苦荞特有酿造醋香气(20~15)	液体澄清,透明,无沉淀(20~15)	紫红色(20~15)
口感较好,酸度不适宜,无异味(30~20)	稍有紫薯和苦荞特有的酿造醋香气,有刺激味。(15~10)	液体澄清,透明,摇动时有少量沉淀(15~10)	黄红色(15~10)
口感较差,酸度不适宜,有异味(≤20)	无香味,刺激味较重(≤10)	液体透明度差,摇动时有较多沉淀(≤10)	淡黄红色(≤10)

测波长为 210 nm;柱温为 22 ℃;进样量 10 μL。

(2) 挥发性成分测定:采用气—质联用 (GC—MS)法^{[28]29}。

2 结果与分析

2.1 紫薯醋的制备

2.1.1 紫薯醋酒精发酵过程中糖度及酒精度的变化 由图 1 可知,酒精发酵前 4 d,糖度下降很快,酒精度迅速上升,达到 6.7%,之后糖度和酒精度趋于稳定,几乎不再变化,表明酒精发酵期为 4 d。

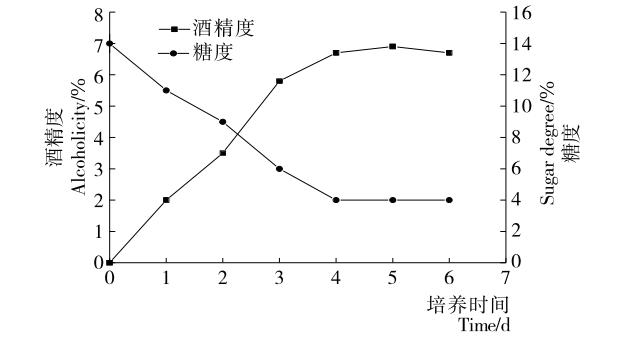


图 1 紫薯醋酒精发酵过程中糖度、酒精度变化曲线
Figure 1 Change curve of sugar degree and alcoholicity during alcoholic fermentation of purple potato vinegar

2.1.2 紫薯醋醋酸发酵过程中总酸的变化 由图 2 可知,前 1 d 内总酸变化较缓慢,为醋酸菌的适应期;1~5 d 期间发酵液中酸度迅速上升,为醋酸发酵的主要阶段;之后总酸变化趋于平缓;表明醋酸发酵期约为 5~6 d。

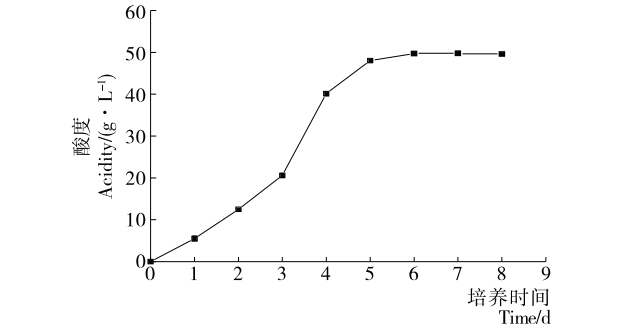


图 2 紫薯醋醋酸发酵过程中总酸随时间的变化曲线
Figure 2 Change curve of total acid during acetic fermentation of purple potato vinegar

2.2 苦荞醋的制备

2.2.1 苦荞醋酒精发酵中糖度及酒精度的变化 由图 3 可知,酒精发酵前 4 d,糖度下降很快,酒精度迅速上升,达到 5.7%,之后糖度和酒精度趋于稳定,几乎不再变化。表明酒精发酵期为 4 d。

2.2.2 苦荞醋醋酸发酵过程中总酸的变化 由图 4 可知,前 1 d 内总酸变化较缓慢,为醋酸菌的适应期;1~7 d 期间发酵液中酸度迅速上升,为醋酸发酵的主要阶段;此后总酸变化趋于平缓,表明醋酸发酵期为 7 d。与紫薯醋的醋酸发酵比较,苦荞醋发酵周期略长,其原因可能与苦荞醋中影响醋酸

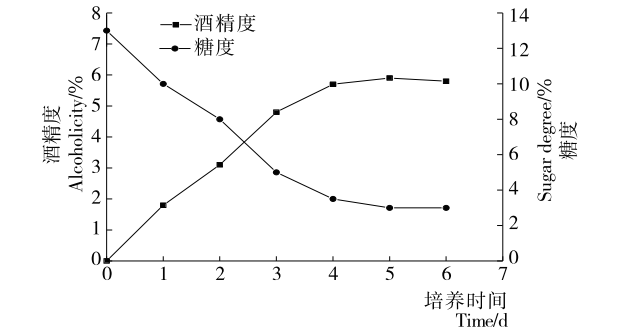


图 3 苦荞醋酒精发酵过程中糖度、酒精度变化曲线
Figure 3 Change curve of sugar degree and alcoholicity during alcoholic fermentation of bitter buckwheat vinegar

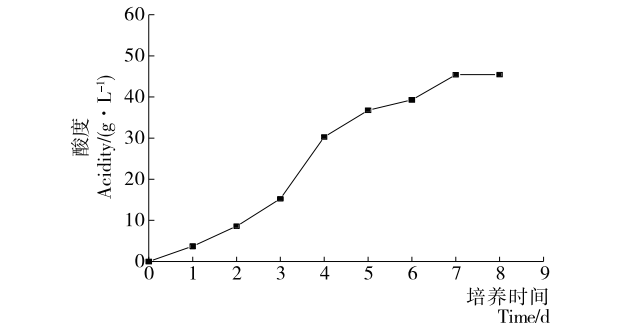


图 4 苦荞醋醋酸发酵过程中总酸随时间的变化曲线
Figure 4 Change curve of total acid during acetic fermentation of bitter buckwheat vinegar

菌生长物质(如黄酮等)有关。Kim 等^[29]研究发现苦荞籽粒在萌发过程中会产生含量较高的总黄酮。周小理等^[30]研究证实荞麦黄酮具有抑菌效果。

2.3 确定紫薯苦荞复合醋饮料的配方

紫薯醋原液和苦荞醋原液的添加量以及糖酸比直接影响紫薯苦荞醋饮料的风味、口感与色泽。根据单因素试验结果,选择正交试验的紫薯醋原液添加量、苦荞醋原液添加量、糖浆添加量各自最佳的水平范围见表 2。以醋饮料的感官评分为指标,选用 L₉(3⁴)正交表进行正交试验。正交试验结果见表 3。

从表 3 可以看出,影响紫薯苦荞复合醋饮料感官评价的主次因素关系为 C>A>B,即糖浆添加量>紫薯醋添加量>苦荞醋添加量。最优组合为 A₂B₂C₂,即紫薯醋原液添加量 4 mL/100 mL、苦荞醋原液添加量 4 mL/100 mL 和糖浆添加量 8 g/100 mL。通过验证实验,复配的紫薯苦荞复合醋饮

表 2 正交试验设计

Table 2 Orthogonal design of experiment			
水平	A 紫薯醋原液/ (10 ⁻² mL·mL ⁻¹)	B 苦荞醋原液/ (10 ⁻² mL·mL ⁻¹)	C 糖浆/ (10 ⁻² g·mL ⁻¹)
1	3	3	6
2	4	4	8
3	5	5	10

表 3 紫薯苦荞复合醋饮料配方的正交试验结果

Table 3 The result of orthogonality experiment of the sweet potato and bitter buckwheat combined vinegar beverage

处理号	A	B	C	D 空列	评分结果
1	1	1	1	1	66
2	1	2	2	2	85
3	1	3	3	3	75
4	2	1	2	3	89
5	2	2	3	1	82
6	2	3	1	2	71
7	3	1	3	2	79
8	3	2	1	3	69
9	3	3	2	1	72
k_1	75.3	78.0	68.7	73.3	
k_2	80.7	78.7	82.0	78.3	
k_3	73.3	72.7	78.7	77.7	
R	6.7	6.0	13.3	5.0	

料感官评分为 90 分。该饮料的总酸(以乙酸计)3.8 g/L;可溶性固形物 8%;酒精未检出;感官评价为该醋饮料呈紫红色澄清透明液体,具有紫薯和苦荞特有的醋香味,酸甜可口,口感柔和,颜色红亮怡人。

2.4 产品的风味物质

2.4.1 有机酸 通过 HPLC 检测,7 种有机酸混标的液相色谱图见图 5,紫薯苦荞复合醋饮料检测出 7 种有机酸见表 4。

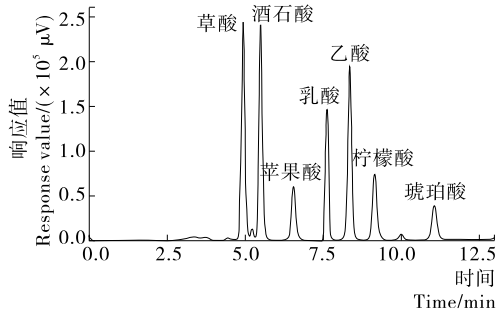


图 5 有机酸混标液相色谱图

Figure 5 Liquid chromatography of mixed organic acid standard

表 4 紫薯苦荞复合醋饮料中有机酸组分及含量

Table 4 The organic acid composition and content of the sweet potato and bitter buckwheat combined vinegar beverage

乙酸	柠檬酸	琥珀酸	乳酸	苹果酸	酒石酸	草酸
1 517.761	599.083	512.042	393.040	92.482	24.667	0.517

由表 4 可知,紫薯苦荞复合醋饮料乙酸含量最高,是主体有机酸成分,也是主要呈酸物质。柠檬酸、琥珀酸、乳酸等可以缓冲乙酸的刺激性,提高食醋的酸味平和性,使酸味柔和、醇厚,有利于改善食醋的酸味质量,并赋予特色。

2.4.2 挥发性风味物质 采用顶空固相微萃取结合 GC—MS 对紫薯苦荞复合醋饮料中的挥发性风味物质进行测定,并对 NIST 谱库检索出的匹配度大于 80%的物质进行归类分析,结果见表 5。共检测出 14 种挥发性风味物质,包括 3 种酸类化合物,3 种羰基类化合物,3 种杂环类化合物,2 种酯类和 3 种醇类化合物。除了酸类、杂环类化合物外,其中苯甲醛具有特殊的杏仁气味;苯乙醛具有类似风信子的香气;乙酸苯乙酯具有甜蜜香味;苯乙醇有花香味等。这些挥发性香味物质促进了紫薯苦荞复合醋饮料良好风味的形成。

表 5 紫薯苦荞复合醋饮料中的挥发性风味物质

Table 5 The volatile flavor compounds in the purple sweet potato and bitter buckwheat combined vinegar beverage

种类	名称	相对含量/%
酸类	异戊酸	3.53
	乙酸	0.61
	2-甲基丁酸	0.53
羰基类化合物	苯甲醛	6.56
	苯乙醛	0.64
	大马酮	0.12
杂环类化合物	萘	0.96
	2,4-二叔丁基苯酚	0.56
	2,5-二叔丁基酚	0.56
酯类	乙酸苯乙酯	11.56
	丙酸-2-苯乙酯	11.56
醇类	苯乙醇	69.49
	α -松油醇	0.97
	芳樟醇	1.26

3 结论

本试验以紫薯和苦荞为原料,通过液化、糖化、酒精发酵、醋酸发酵分别制得紫薯醋和苦荞醋。以两种醋和蔗糖及果葡糖浆为原料调配制得醋饮料,其最佳配方为紫薯醋 4 mL/100 mL、苦荞醋 4 mL/100 mL、蔗糖—糖浆 8 g/100 mL,加水定容至 100 mL。该复合醋饮料的总酸含量 3.8 g/L,固形物 8%,共检出 7 种有机酸和 14 种挥发性香味物质;饮品为紫红色澄清透明液体,酸甜可口。根据试验发现单独发酵制备紫薯醋和苦荞醋的发酵时间并无明显影响,加之通过对复合醋饮料的优化试验得出了二者的最优配比为 1:1 的结果,所以,在实际生产中可将两种原料按 1:1 比例混合后进行醋的酿造,再进行醋饮料调配,可简化工艺。紫薯苦荞复合醋饮料的研发为其工业化生产提供了一定的参考价值。

参考文献

[1] ODAKE K, TERAHARA N, SAITO N, et al. Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, Ipomoea batatas[J]. Phytochemistry, 1992, 31(6): 2 127-2 130.

[2] CHEN Xin, LIU Min-sheng, XIAN Hua. Determination of organic and inorganic selenium in purple sweet potato by hydride

generation-atomic fluorescence spectrometry[J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 36(7): 163-165.

[3] KANO M, TAKAYANAGI T, HARADA K, et al. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, Ipomoera batatas cultivar Ayamurasaki [J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2005, 69(5): 979-988.

[4] YONG Pil Hwang, JAE Ho Choi, EUN Hee Han, et al. Purple sweet potato anthocyanins attenuate hepatic lipid accumulation through activating adenosine monophosphate-activated protein kinase in human HepG2 cells and obese mice[J]. Nutrition Research, 2011, 31(12): 896-906.

[5] 杨巍, 黄洁琼, 陈英, 等. 紫薯的营养价值与产品开发[J]. 农产品加工: 学刊, 2011(8): 41-43.

[6] 曹亚丽, 周红丽. 紫薯酸奶发酵工艺优化研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 151-154.

[7] 张多敏, 王占东, 杨郁荭, 等. 紫薯牛奶的研制[J]. 现代食品科技, 2010, 26(8): 857-859.

[8] 王静波, 赵江林, 彭镰心, 等. 苦荞芽中黄酮类化合物含量及其抗氧化性的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(5): 965-968.

[9] NIU Bao-shan. Talking about the Cultivation Technologies, Development and utilization of bitter buckwheat[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2011, 12: 58-63.

[10] KRKOŠKOVÁ B, MRAZOVÁ Z. Prophylactic components of buckwheat[J]. Food Research International, 2005, 38(5): 561-568.

[11] 杨春, 陕方, 丁卫英, 等. 黑苦荞醋软胶囊的生产工艺研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 255-258.

[12] 胡建平, 张忠, 姚翠. 苦荞保健面包的研制[J]. 食品工业, 2006(6): 21-22.

[13] 徐宝才, 孙芸, 丁霄霖. 苦荞营养保健粉的研制[J]. 食品工业科技, 2007, 28(4): 159-163.

[14] 王静波, 赵江林, 彭镰心, 等. 苦荞发酵食品研究进展[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2013, 32(1): 9-11.

[15] 梁贵秋, 吴婧婧, 陆春霞, 等. 桑椹果醋的研究进展[J]. 现代农业科技, 2012(2): 344-355.

[16] 胡会萍. 功能性醋酸饮料的研究与开发[J]. 饮料工业, 2008(8): 1-3.

[17] 原德树. 液态深层发酵苹果醋及苹果醋饮料的研制[J]. 现代食品科技, 2010, 26(5): 523-526.

[18] 周朝晖, 吴惠玲, 刘荔琛, 等. 姜醋饮料的研制[J]. 现代食品科技, 2011, 27(8): 1 001-1 004.

[19] 何雄, 周静峰, 师邱毅, 等. 杨梅果醋及果醋饮料的研制[J]. 中国食品学报, 2009, 9(5): 100-105.

[20] 缪静, 殷日彩, 冯志彬, 等. 无花果果醋发酵工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(3): 218-221.

[21] 张丽珍, 曾志将, 颜伟玉, 等. 山乌柏蜂蜜醋及其蜂蜜醋饮料的研制[J]. 中国食品学报, 2011, 11(4): 78-82.

[22] 伍彬, 叶日英, 林羨, 等. 菠萝皮渣醋酸发酵饮料的工艺研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(3): 285-287.

[23] FUKUI K, SUGITA K, TERAHARA N, et al. The preparation of fermented vinegar from purple sweet potato using a new high concentration brewing method[J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 2015, 62(2): 69-78.

[24] MA Ting-jun, A Yi, NA Xi, et al. Optimization research on buckwheat vinegar fermentation process[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 651-653: 265-268.

[25] 马挺军, 陕方, 贾昌喜. 苦荞醋对糖尿病模型小鼠血糖的影响[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(5): 42-44, 48.

[26] 刘璐, 韩艳文, 王楠, 等. 紫薯醋对小鼠急性肝损伤保护及减肥降脂作用[J]. 西北农业学报, 2015, 24(1): 28-33.

[27] 潘锋, 杨清香, 孙来华, 等. 哈密大枣果醋饮料生产工艺中的酒精发酵条件的研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(10): 1 204-1 206.

[28] 熊越. 四川麸醋发酵过程中风味物质的变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.

[29] KIM S J, ZADUL I S M, SUZUKI T, et al. Comparlsonof phenolic compositions between common and tartary buckwheat (Fagopyrum) sprouts[J]. Food Chemistry, 2008, 110(3): 199-205.

[30] 周小理, 成少宁, 周一鸣, 等. 苦荞芽中黄酮类化合物的抑菌作用研究[J]. 食品工业, 2010(2): 12-14.

(上接第 110 页)

[15] 丁玉庭, 陈艳, 邹礼根, 等. 猪 PSE 肉与增城肉肌原纤维蛋白抽提率和持水性的比较研究[J]. 中国食品学报, 2004, 4(2): 62-65.

[16] 王丹, 姜启兴, 许艳顺, 等. 鱼糕质构的仪器分析与感官评定间的相关性[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 24-27, 210.

[17] 鉏晓艳, 李新, 廖涛, 等. CaCl₂-复合磷酸盐及木瓜蛋白酶对河鲈鱼肉的嫩化作用[J]. 肉类研究, 2015(10): 24-27.

[18] 刘春红. 固相微萃取技术及其在国内食品领域中的应用[J]. 生命科学仪器, 2009, 5(9): 3-8.

[19] 曾庆孝, 江津津, 阮征, 等. 固相微萃取和同时蒸馏萃取分析鱼露的风味成分[J]. 食品工业科技, 2008(1): 84-87.

[20] 贾倩, 李淑荣, 高美须, 等. 电子束和 γ 射线辐照对素鸡杀菌效果及氧化效应的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 61-65.

[21] JO C, LEE K H. Comparison of the efficacy of gamma and UV irradiation in Sanitization of fresh carrot juice [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, 81(8): 1 079-1 081.

[22] LUCHSINGER S E, KROPF D H, ZEPEDAC M G, et al. Sensory analysis and consumer acceptance of irradiated boneless pork chops [J]. Journal of Food Science, 1996, 61(6): 1 261-1 266.

[23] 王晶晶, 徐超, 杨题隆, 等. 壳聚糖协同 γ 射线辐照对冷鲜猪肉品质的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学学报, 2016, 42(2): 220-227.

[24] 冯晓琳, 王晓拓, 王丽芳, 等. 电子束辐照对真空包装冷鲜猪肉品质的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 126-130.

[25] 李升升. 热处理对耗牛肉品质的影响及其相关性分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(4): 207-210.

[26] 柳贤德, 朴伶华. 辐照处理对 PSE 肉的物化、微生物及感官特性影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(6): 84-88.

[27] 袁森, 庞林江, 路兴花, 等. 烹饪方式对鸡肉挥发性香气及质构特征的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 33-36..

[28] AL-BACHIR M, MEHIO A. Irradiated luncheon meat; microbiological, chemical and sensory characteristics during storage [J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 169-175.

[29] 赵延伟, 吕振磊, 王坤, 等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 25-28.